

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau



(43) International Publication Date  
14 December 2000 (14.12.2000)

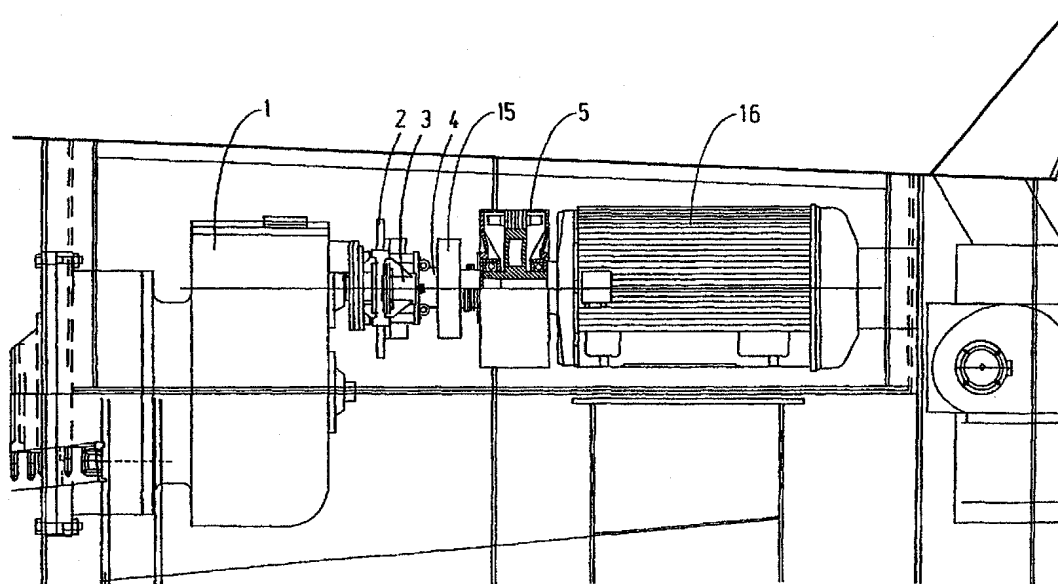
PCT

(10) International Publication Number  
**WO 00/76055 A1**

- (51) International Patent Classification<sup>7</sup>: **H02K 51/00**, H02P 17/00 (74) Agent: PATRADE A/S; Aaboulevarden 21, DK-8000 Aarhus C (DK).
- (21) International Application Number: PCT/DK00/00303 (81) Designated States (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AT (utility model), AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, CZ (utility model), DE, DE (utility model), DK, DK (utility model), DM, DZ, EE, EE (utility model), ES, FI, FI (utility model), GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KR (utility model), KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SK (utility model), SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.
- (22) International Filing Date: 4 June 2000 (04.06.2000)
- (25) Filing Language: Danish
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data: PA 1999 00795 4 June 1999 (04.06.1999) DK
- (71) Applicant (*for all designated States except US*): BONUS ENERGY A/S [DK/DK]; Fabriksvej 4, DK-7330 Brande (DK).
- (72) Inventor; and
- (75) Inventor/Applicant (*for US only*): STIESDAL, Henrik [DK/DK]; Bonus Energy A/S, Fabriksvej 4, DK-7330 Brande (DK).
- (84) Designated States (*regional*): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Published:  
— With international search report.

[Continued on next page]

(54) Title: WIND POWER PLANT AND METHOD FOR OPERATING IT



(57) Abstract: The invention concerns a method for operating a windmill with variable rpm and a directly network connected primary generator. By this method there is disposed a regenerative slip generator (5) between the gear (1) of the windmill and the primary generator (16), whereby the power coming from the slip may be regenerated to the electric network. The total power output from the windmill is kept constant over a certain range of slip. The invention also concerns the specific design of a windmill with such a slip generator.

WO 00/76055 A1

WO 00/76055 A1



— Before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments.

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.



— Before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments.

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/DK 00/00303

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC7: H02K 51/00, H02P 17/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC7: H02K, H02P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

SE,DK,FI,NO classes as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0635639 A1 (ASHOT ASHKELON INDUSTRIES LTD.), 25 January 1995 (25.01.95), column 5, line 12 - line 30; column 8, line 24 - column 9, line 12, figures 1-2 --	1-10
A	Patent Abstracts of Japan, abstract of JP 60-128861 A (DAIKIN SEISAKUSHO K.K.), 9 July 1985 (09.07.85) --	1-10
A	EP 0314882 A1 (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION), 10 May 1989 (10.05.89), page 1, line 1 - line 21 -- -----	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 October 2000

Date of mailing of the international search report

25 -10- 2000

Name and mailing address of the ISA/

Swedish Patent Office

Box 5055, S-102 42 STOCKHOLM

Facsimile No. +46 8 666 02 86

Authorized officer

Tomas Erlandsson/MN

Telephone No. +46 8 782 25 00

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.  
**PCT/DK 00/00303**

Patent document cited in search report			Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP	0635639	A1	25/01/95	IL	106440 D	00/00/00
EP	0314882	A1	10/05/89	JP	1138992 A	31/05/89
				US	4819179 A	04/04/89

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

REC'D 29 AUG 2001

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

PCT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference 9725PC00/LN/ar	<b>FOR FURTHER ACTION</b> See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/DK 00/ 00303	International filing date (day/month/year) 04/06/2000	Priority date (day/month/year) 04/06/1999
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC H02K51/00		
Applicant BONUS ENERGY A/S ET AL.		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.


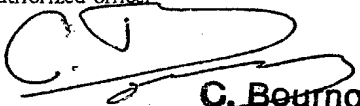
2. This **REPORT** consists of a total of 5 sheets, including this cover sheet.

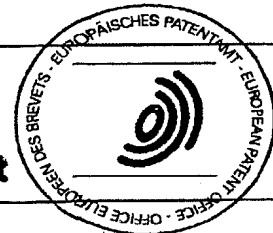
☐ This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).

These annexes consists of a total of \_\_\_\_\_ sheets.

3. This report contains indications relating to the following items:

- I ☒ Basis of the report
- II ☐ Priority
- III ☐ Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- IV ☐ Lack of unity of invention
- V ☒ Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- VI ☐ Certain documents cited
- VII ☒ Certain defects in the international application
- VIII ☐ Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 16/12/2000	Date of completion of this report 27.08.01
Name and mailing address of the IPEA/  European Patent Office D-80298 Munich Tel. (+49-89) 2399-0, Tx: 523656 epmu d Fax: (+49-89) 2399-4465	Authorized officer  C. Bournot



**I. Basis of the report**

1. This report has been drawn up on the basis of *(Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.)*

☒ the international application as originally filed

☐ the description, pages

, as originally filed

pages

, filed with the demand

pages

, filed with the letter of

☐ the claims, Nos.

, as originally filed

Nos.

, as amended under Article 19

Nos.

, filed with the demand

Nos.

, filed with the letter of

☐ the drawings, sheets / fig.

, as originally filed

sheets / fig.

, filed with the demand

sheets / fig.

, filed with the letter of

2. The amendments have resulted in the cancellation of:

☐ the description, pages:

☐ the claims, Nos.

☐ the drawings, sheets / fig.

3. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed (Rule 70.2 (c)).

4. Additional observations, if necessary:

**V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement**

**1. Statement**

Novelty	Claims	1-10	YES
	Claims		NO
Inventive Step	Claims	1-10	YES
	Claims		NO
Industrial Applicability	Claims	1-10	YES
	Claims		NO

**2. Citations and Explanations**

Claims 1 and 8:

N, IS: Document EP-A-0635<sup>639</sup> discloses a wind turbine apparatus comprising a wind powered rotor associated, via an input shaft, with a variable conversion-ratio transmission apparatus, which is associated, in turn, with an alternating current generator.

According to this document, the wind turbine transmission apparatus comprises one planetary transmission stage, operative for providing a continuously variable transmission ratio between a rotational input from a wind-rotor and a rotational output to an electric generator, while according to the invention, between the rotor of the windmill and the generator there is disposed an apparatus comprising a slip generator.

Document JP-A-60128861 discloses an energy regenerative clutch device wherein a relative slip is provided between a driving unit and a driven unit of the clutch. This document is not relevant.

Document EP-A-0314882 relates to a slip frequency generator implemented using digital circuitry and a method for generating the desired slip frequency waveform. This document is also not relevant.

Therefore, the subject-matter of independent claims 1 and 8 is novel and involves an inventive step (Article 33 (2) and (3) PCT).



**INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT**

International application No.

**PCT/DK00/00303**

The dependent claims 2-7, 9, 10 are concerned with further embodiments of the subject-matter of above-mentioned independent claims and would satisfy the requirements of the PCT.

IA: The invention specified in the claims is clearly susceptible of industrial application in the sense of Article 33 (4) PCT.

**VII. Certain defects in the international application**

The following defects in the form or contents of the international application have been noted:

1. Contrary to the requirements of Rule 5.1 (a) (ii) PCT, the relevant background art disclosed in the documents EP-A-0635639, possibly EP-A-0314882 is not mentioned in the description, nor are these documents identified therein.
2. The features of the claims are not provided with reference signs placed in parentheses (Rule 6.2 (b) PCT).

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

From the INTERNATIONAL BUREAU

NOTIFICATION OF THE RECORDING  
OF A CHANGE(PCT Rule 92bis.1 and  
Administrative Instructions, Section 422)

To:

PATRADE A/S  
Fredens Torv 3A  
DK-8000 Aarhus C  
DANEMARK

Date of mailing (day/month/year)

03 August 2001 (03.08.01)

Applicant's or agent's file reference

9725PC00/LN/ar

## IMPORTANT NOTIFICATION

International application No.

PCT/DK00/00303

International filing date (day/month/year)

04 June 2000 (04.06.00)

## 1. The following indications appeared on record concerning:

☐

the applicant

☐

the inventor

☒

the agent

☐

the common representative

Name and Address

PATRADE A/S  
Aaboulevarden 21  
DK-8000 Aarhus C  
Denmark

State of Nationality

State of Residence

Telephone No.

45 7020 3770

Facsimile No.

45b7020 3771

Teleprinter No.

## 2. The International Bureau hereby notifies the applicant that the following change has been recorded concerning:

☐

the person

☐

the name

☒

the address

☐

the nationality

☐

the residence

Name and Address

PATRADE A/S  
Fredens Torv 3A  
DK-8000 Aarhus C  
Denmark

State of Nationality

State of Residence

Telephone No.

45 7020 3770

Facsimile No.

45b7020 3771

Teleprinter No.

## 3. Further observations, if necessary:

## 4. A copy of this notification has been sent to:

☒

the receiving Office

☐

the International Searching Authority

☒

the International Preliminary Examining Authority

☐

the designated Offices concerned

☒

the elected Offices concerned

☐

other:

The International Bureau of WIPO  
34, chemin des Colombettes  
1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No.: (41-22) 740.14.35

Authorized officer

Marie-José Devillard

Telephone No.: (41-22) 338.83.38

## PCT COOPERATION TREATY

PCT

From the INTERNATIONAL BUREAU

NOTIFICATION OF THE RECORDING  
OF A CHANGE(PCT Rule 92bis.1 and  
Administrative Instructions, Section 422)

To:

PATRADE A/S  
Fredens Torv 3A  
DK-8000 Aarhus C  
DANEMARKDate of mailing (day/month/year)  
07 August 2001 (07.08.01)Applicant's or agent's file reference  
9725PC00/LN/ar

## IMPORTANT NOTIFICATION

International application No.  
PCT/DK00/00303International filing date (day/month/year)  
04 June 2000 (04.06.00)

## 1. The following indications appeared on record concerning:

☐ the applicant ☐ the inventor ☒ the agent ☐ the common representative

## Name and Address

PATRADE A/S  
Aaboulevarden 21  
DK-8000 Aarhus C  
Denmark

State of Nationality

State of Residence

Telephone No.

45 7020 3770

Facsimile No.

45b7020 3771

Teleprinter No.

## 2. The International Bureau hereby notifies the applicant that the following change has been recorded concerning:

☐ the person ☐ the name ☒ the address ☐ the nationality ☐ the residence

## Name and Address

PATRADE A/S  
Fredens Torv 3A  
DK-8000 Aarhus C  
Denmark

State of Nationality

State of Residence

Telephone No.

45 7020 3770

Facsimile No.

45b7020 3771

Teleprinter No.

## 3. Further observations, if necessary:

## 4. A copy of this notification has been sent to:

☒ the receiving Office ☐ the designated Offices concerned  
☐ the International Searching Authority ☒ the elected Offices concerned  
☒ the International Preliminary Examining Authority ☐ other:The International Bureau of WIPO  
34, chemin des Colombettes  
1211 Geneva 20, Switzerland

Authorized officer

Marie-José Devillard

Facsimile No.: (41-22) 740.14.35

Telephone No.: (41-22) 338.83.38

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

## NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Commissioner  
US Department of Commerce  
United States Patent and Trademark  
Office, PCT  
2011 South Clark Place Room  
CP2/5C24  
Arlington, VA 22202  
ETATS-UNIS D'AMERIQUE  
in its capacity as elected Office

<b>Date of mailing</b> (day/month/year) 25 May 2001 (25.05.01)	
<b>International application No.</b> PCT/DK00/00303	<b>Applicant's or agent's file reference</b> 9725PC00/LN/ar
<b>International filing date</b> (day/month/year) 04 June 2000 (04.06.00)	<b>Priority date</b> (day/month/year) 04 June 1999 (04.06.99)
<b>Applicant</b> STIESDAL, Henrik	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:



in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:

16 December 2000 (16.12.00)



in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:

2. The election ☒ was

was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO  
34, chemin des Colombettes  
1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No.: (41-22) 740.14.35

Authorized officer

Charlotte ENGER

Telephone No.: (41-22) 338.83.38

# PCT

## REQUEST

The undersigned requests that the present international application be processed according to the Patent Cooperation Treaty.

For receiving Office use only

PCT/DK 00/00303

International Application No.

04 JUNE 2000

International Filing Date



Danish Patent and Trademark Office

Name of receiving Office and "PCT International Application"

Applicant's or agent's file reference (if desired) (12 characters maximum) 9725PC00/LN/ar

<b>Box No. I</b>	<b>TITLE OF INVENTION</b>	METHOD FOR OPERATION OF A WINDMILL AND A WINDMILL	
<b>Box No. II</b>	<b>APPLICANT</b>		
Name and address: (Family name followed by given name; for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country. The country of the address indicated in this Box is the applicant's State (that is, country) of residence if no State of residence is indicated below.)		<input type="checkbox"/> This person is also inventor.	
BONUS ENERGY A/S FABRIKSVEJ 4 DK-7330 BRANDE DENMARK		Telephone No.	
		Facsimile No.	
		Teleprinter No.	
State (that is, country) of nationality: DK		State (that is, country) of residence: DK	
This person is applicant for the purposes of: <input type="checkbox"/> all designated States <input checked="" type="checkbox"/> all designated States except the United States of America <input type="checkbox"/> the United States of America only <input type="checkbox"/> the States indicated in the Supplemental Box			
<b>Box No. III</b>	<b>FURTHER APPLICANT(S) AND/OR (FURTHER) INVENTOR(S)</b>		
Name and address: (Family name followed by given name; for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country. The country of the address indicated in this Box is the applicant's State (that is, country) of residence if no State of residence is indicated below.)		This person is:	
STIESDAL, Henrik c/o BONUS ENERGY A/S FABRIKSVEJ 4 DK-7330 BRANDE DENMARK		<input type="checkbox"/> applicant only <input checked="" type="checkbox"/> applicant and inventor <input type="checkbox"/> inventor only (If this check-box is marked, do not fill in below.)	
State (that is, country) of nationality: DK		State (that is, country) of residence: DK	
This person is applicant for the purposes of: <input type="checkbox"/> all designated States <input type="checkbox"/> all designated States except the United States of America <input checked="" type="checkbox"/> the United States of America only <input type="checkbox"/> the States indicated in the Supplemental Box			
<input type="checkbox"/> Further applicants and/or (further) inventors are indicated on a continuation sheet.			
<b>Box No. IV</b>	<b>AGENT OR COMMON REPRESENTATIVE; OR ADDRESS FOR CORRESPONDENCE</b>		
The person identified below is hereby/has been appointed to act on behalf of the applicant(s) before the competent International Authorities as:		<input checked="" type="checkbox"/> agent <input type="checkbox"/> common representative	
Name and address: (Family name followed by given name; for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country.)		Telephone No.	
PATRADE A/S AABOULEVARDEN 21 DK-8000 AARHUS C DENMARK		+45 7020 3770	
		Facsimile No.	
		+45 7020 3771	
		Teleprinter No.	
<input type="checkbox"/> Address for correspondence: Mark this check-box where no agent or common representative is/has been appointed and the space above is used instead to indicate a special address to which correspondence should be sent.			

# CONFIRMATION COPY

Box No.V DESIGNATION OF STATES

The following designations are hereby made under Rule 4.9(a) (mark the applicable check-boxes, at least one must be marked):

Regional Patent

- ☒ AP ARIPO Patent: GH Ghana, GM Gambia, KE Kenya, LS Lesotho, MW Malawi, SD Sudan, SL Sierra Leone, SZ Swaziland, TZ United Republic of Tanzania, UG Uganda, ZW Zimbabwe, and any other State which is a Contracting State of the Harare Protocol and of the PCT
- ☒ EA Eurasian Patent: AM Armenia, AZ Azerbaijan, BY Belarus, KG Kyrgyzstan, KZ Kazakhstan, MD Republic of Moldova, RU Russian Federation, TJ Tajikistan, TM Turkmenistan, and any other State which is a Contracting State of the Eurasian Patent Convention and of the PCT
- ☒ EP European Patent: AT Austria, BE Belgium, CH and LI Switzerland and Liechtenstein, CY Cyprus, DE Germany, DK Denmark, ES Spain, FI Finland, FR France, GB United Kingdom, GR Greece, IE Ireland, IT Italy, LU Luxembourg, MC Monaco, NL Netherlands, PT Portugal, SE Sweden, and any other State which is a Contracting State of the European Patent Convention and of the PCT
- ☒ OA OAPI Patent: BF Burkina Faso, BJ Benin, CF Central African Republic, CG Congo, CI Côte d'Ivoire, CM Cameroon, GA Gabon, GN Guinea, GW Guinea-Bissau, ML Mali, MR Mauritania, NE Niger, SN Senegal, TD Chad, TG Togo, and any other State which is a member State of OAPI and a Contracting State of the PCT (if other kind of protection or treatment desired, specify on dotted line)

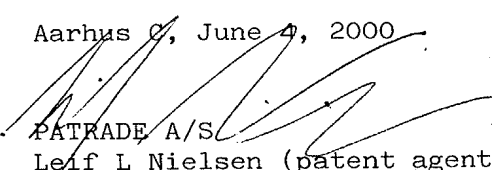
National Patent (if other kind of protection or treatment desired, specify on dotted line):

- |  |  |
|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> AE United Arab Emirates                  | <input checked="" type="checkbox"/> LR Liberia                                   |
| <input checked="" type="checkbox"/> AL Albania                               | <input checked="" type="checkbox"/> LS Lesotho                                   |
| <input checked="" type="checkbox"/> AM Armenia                               | <input checked="" type="checkbox"/> LT Lithuania                                 |
| <input checked="" type="checkbox"/> AT Austria and Utility Model             | <input checked="" type="checkbox"/> LU Luxembourg                                |
| <input checked="" type="checkbox"/> AU Australia                             | <input checked="" type="checkbox"/> LV Latvia                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> AZ Azerbaijan                            | <input checked="" type="checkbox"/> MA Morocco                                   |
| <input checked="" type="checkbox"/> BA Bosnia and Herzegovina                | <input checked="" type="checkbox"/> MD Republic of Moldova                       |
| <input checked="" type="checkbox"/> BB Barbados                              | <input checked="" type="checkbox"/> MG Madagascar                                |
| <input checked="" type="checkbox"/> BG Bulgaria                              | <input checked="" type="checkbox"/> MK The former Yugoslav Republic of Macedonia |
| <input checked="" type="checkbox"/> BR Brazil                                | <input checked="" type="checkbox"/> MN Mongolia                                  |
| <input checked="" type="checkbox"/> BY Belarus                               | <input checked="" type="checkbox"/> MW Malawi                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> CA Canada                                | <input checked="" type="checkbox"/> MX Mexico                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> CH and LI Switzerland and Liechtenstein  | <input checked="" type="checkbox"/> NO Norway                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> CN China                                 | <input checked="" type="checkbox"/> NZ New Zealand                               |
| <input checked="" type="checkbox"/> CR Costa Rica                            | <input checked="" type="checkbox"/> PL Poland                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> CU Cuba                                  | <input checked="" type="checkbox"/> PT Portugal                                  |
| <input checked="" type="checkbox"/> CZ Czech Republic and Utility Model      | <input checked="" type="checkbox"/> RO Romania                                   |
| <input checked="" type="checkbox"/> DE Germany and Utility Model             | <input checked="" type="checkbox"/> RU Russian Federation                        |
| <input checked="" type="checkbox"/> DK Denmark and Utility Model             | <input checked="" type="checkbox"/> SD Sudan                                     |
| <input checked="" type="checkbox"/> DM Dominica                              | <input checked="" type="checkbox"/> SE Sweden                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> EE Estonia and Utility Model             | <input checked="" type="checkbox"/> SG Singapore                                 |
| <input checked="" type="checkbox"/> ES Spain                                 | <input checked="" type="checkbox"/> SI Slovenia                                  |
| <input checked="" type="checkbox"/> FI Finland and Utility Model             | <input checked="" type="checkbox"/> SK Slovakia and Utility Model                |
| <input checked="" type="checkbox"/> GB United Kingdom                        | <input checked="" type="checkbox"/> SL Sierra Leone                              |
| <input checked="" type="checkbox"/> GD Grenada                               | <input checked="" type="checkbox"/> TJ Tajikistan                                |
| <input checked="" type="checkbox"/> GE Georgia                               | <input checked="" type="checkbox"/> TM Turkmenistan                              |
| <input checked="" type="checkbox"/> GH Ghana                                 | <input checked="" type="checkbox"/> TR Turkey                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> GM Gambia                                | <input checked="" type="checkbox"/> TT Trinidad and Tobago                       |
| <input checked="" type="checkbox"/> HR Croatia                               | <input checked="" type="checkbox"/> TZ United Republic of Tanzania               |
| <input checked="" type="checkbox"/> HU Hungary                               | <input checked="" type="checkbox"/> UA Ukraine                                   |
| <input checked="" type="checkbox"/> ID Indonesia                             | <input checked="" type="checkbox"/> UG Uganda                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> IL Israel                                | <input checked="" type="checkbox"/> US United States of America                  |
| <input checked="" type="checkbox"/> IN India                                 | <input checked="" type="checkbox"/> UZ Uzbekistan                                |
| <input checked="" type="checkbox"/> IS Iceland                               | <input checked="" type="checkbox"/> VN Viet Nam                                  |
| <input checked="" type="checkbox"/> JP Japan                                 | <input checked="" type="checkbox"/> YU Yugoslavia                                |
| <input checked="" type="checkbox"/> KE Kenya                                 | <input checked="" type="checkbox"/> ZA South Africa                              |
| <input checked="" type="checkbox"/> KG Kyrgyzstan                            | <input checked="" type="checkbox"/> ZW Zimbabwe                                  |
| <input checked="" type="checkbox"/> KP Democratic People's Republic of Korea |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> KR Republic of Korea and Utility Model   |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> KZ Kazakhstan                            |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> LC Saint Lucia                           |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> LK Sri Lanka                             |  |

Check-boxes reserved for designating States which have become party to the PCT after issuance of this sheet:

- ☒ AG Antigua and Barbuda
- ☒ DZ Algeria
- ☒ MZ Mozambique

**Precautionary Designation Statement:** In addition to the designations made above, the applicant also makes under Rule 4.9(b) all other designations which would be permitted under the PCT except any designation(s) indicated in the Supplemental Box as being excluded from the scope of this statement. The applicant declares that those additional designations are subject to confirmation and that any designation which is not confirmed before the expiration of 15 months from the priority date is to be regarded as withdrawn by the applicant at the expiration of that time limit. (Confirmation (including fees) must reach the receiving Office within the 15-month time limit.)

<b>Box No. VI PRIORITY CLAIM</b>		<input type="checkbox"/> Further priority claim indicated in the Supplemental Box.		
Filing date of earlier application (day/month/year)	Number of earlier application	Where earlier application is:		
		national application: country	regional application:* regional Office	international application: receiving Office
item (1) 04.06.1999 4th June 1999	PA 1999 00795	DK		
item (2)				
item (3)				
<input checked="" type="checkbox"/> The receiving Office is requested to prepare and transmit to the International Bureau a certified copy of the earlier application(s) (only if the earlier application was filed with the Office which for the purposes of the present international application is the receiving Office) identified above as item(s): (1)				
<i>* Where the earlier application is an ARIPO application, it is mandatory to indicate in the Supplemental Box at least one country party to the Paris Convention for the Protection of Industrial Property for which that earlier application was filed (Rule 4.10(b)(ii)). See Supplemental Box.</i>				
<b>Box No. VII INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY</b>				
<b>Choice of International Searching Authority (ISA)</b> (if two or more International Searching Authorities are competent to carry out the international search, indicate the Authority chosen; the two-letter code may be used):		<b>Request to use results of earlier search; reference to that search (if an earlier search has been carried out by or requested from the International Searching Authority):</b>		
ISA / SE		Date (day/month/year)	Number	Country (or regional Office)
<b>Box No. VIII CHECK LIST; LANGUAGE OF FILING</b>				
This international application contains the following number of sheets: request : 3 description (excluding sequence listing part) : 14 claims : 2 abstract : 1 drawings : 6 sequence listing part of description : Total number of sheets : 26		This international application is accompanied by the item(s) marked below: 1. <input checked="" type="checkbox"/> fee calculation sheet 2. <input type="checkbox"/> separate signed power of attorney 3. <input type="checkbox"/> copy of general power of attorney; reference number, if any: 4. <input type="checkbox"/> statement explaining lack of signature 5. <input type="checkbox"/> priority document(s) identified in Box No. VI as item(s): 6. <input type="checkbox"/> translation of international application into (language): 7. <input type="checkbox"/> separate indications concerning deposited microorganism or other biological material 8. <input type="checkbox"/> nucleotide and/or amino acid sequence listing in computer readable form 9. <input type="checkbox"/> other (specify):		
Figure of the drawings which should accompany the abstract: 1-2		Language of filing of the international application: Danish		
<b>Box No. IX SIGNATURE OF APPLICANT OR AGENT</b>				
Next to each signature, indicate the name of the person signing and the capacity in which the person signs (if such capacity is not obvious from reading the request).				
Aarhus C, June 4, 2000  PATRADE A/S Leif L Nielsen (patent agent)				

For receiving Office use only	
1. Date of actual receipt of the purported international application: RO/DK 04 JUN 2000 (04.06.00)	2. Drawings: <input type="checkbox"/> received: <input type="checkbox"/> not received:
3. Corrected date of actual receipt due to later but timely received papers or drawings completing the purported international application:	
4. Date of timely receipt of the required corrections under PCT Article 11(2):	
5. International Searching Authority (if two or more are competent): ISA / SE	6. <input type="checkbox"/> Transmittal of search copy delayed until search fee is paid.

For International Bureau use only	
Date of receipt of the record copy by the International Bureau:	26 JUN 2000



1/6

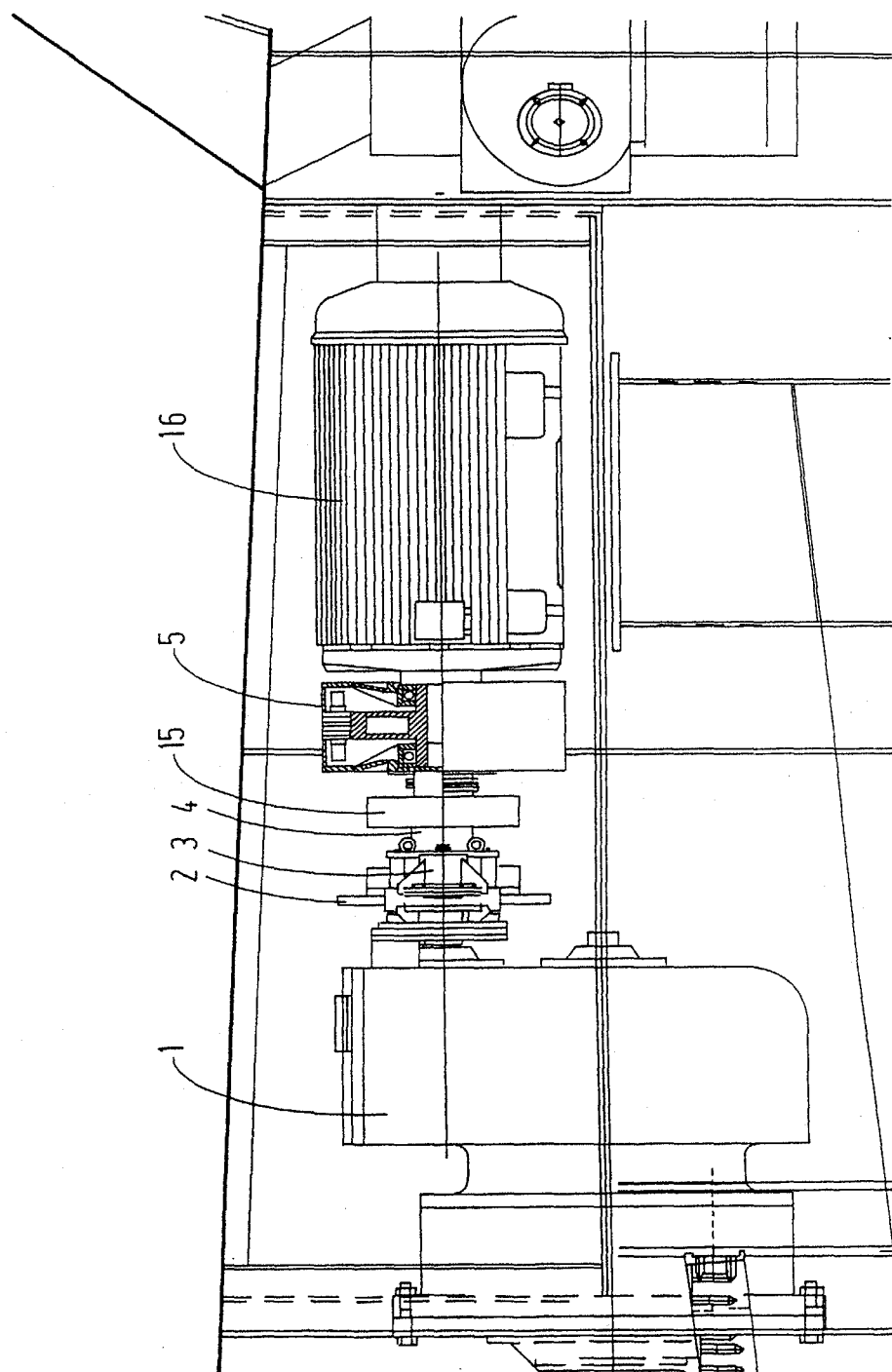


Fig.1

2/6

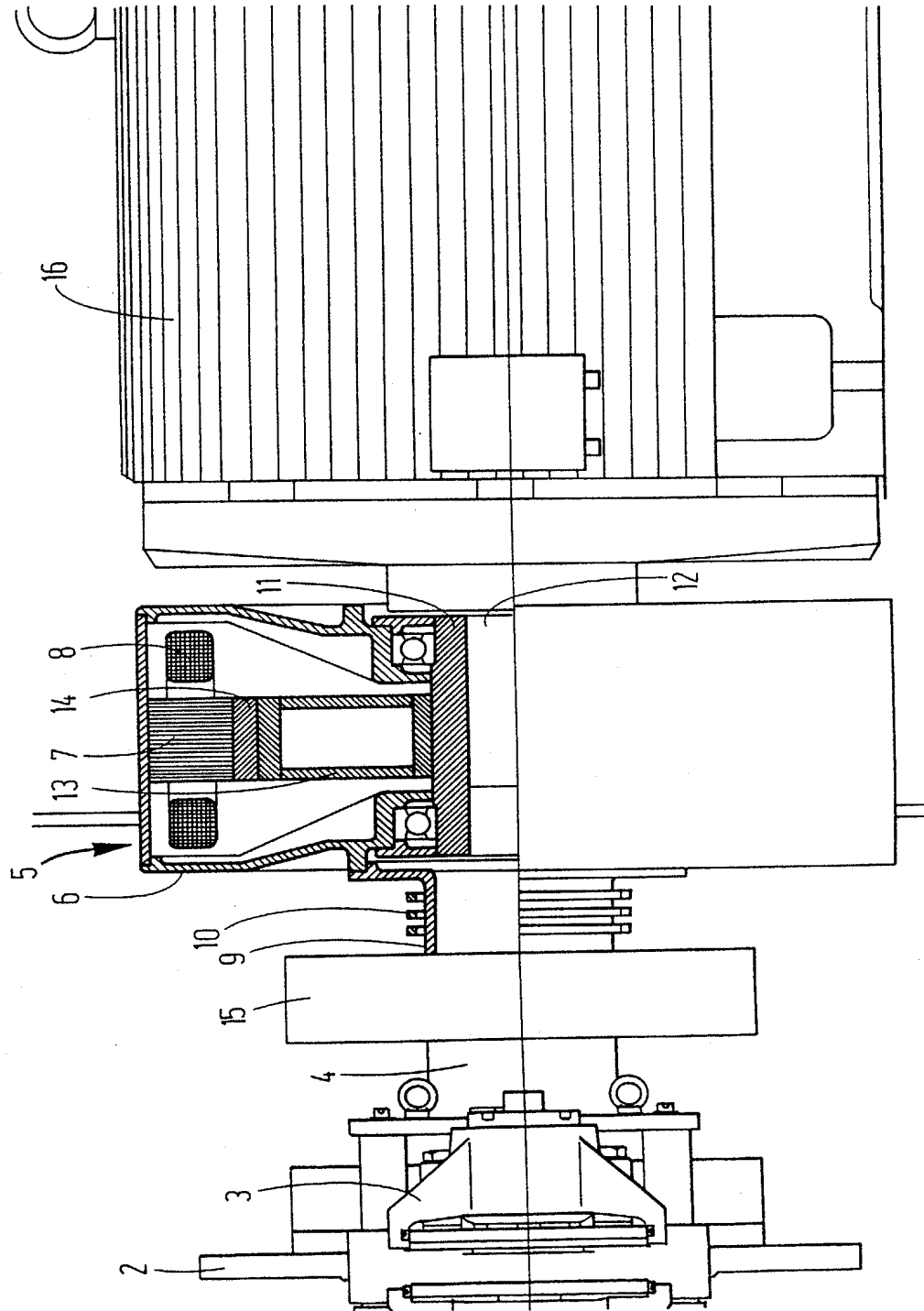


Fig. 2

3/6

— Coupling

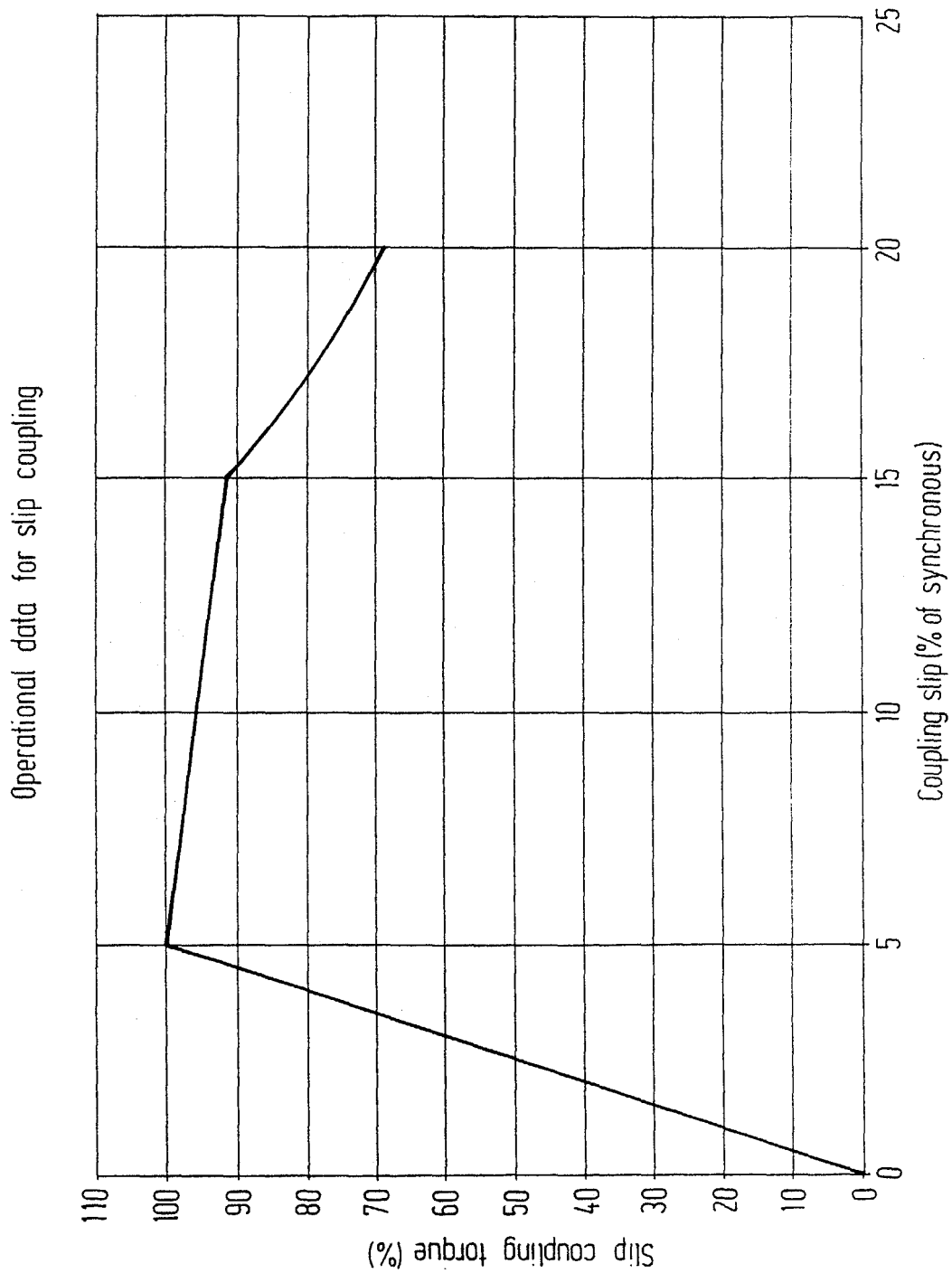


Fig.3

4/6

Operational data for slip coupling

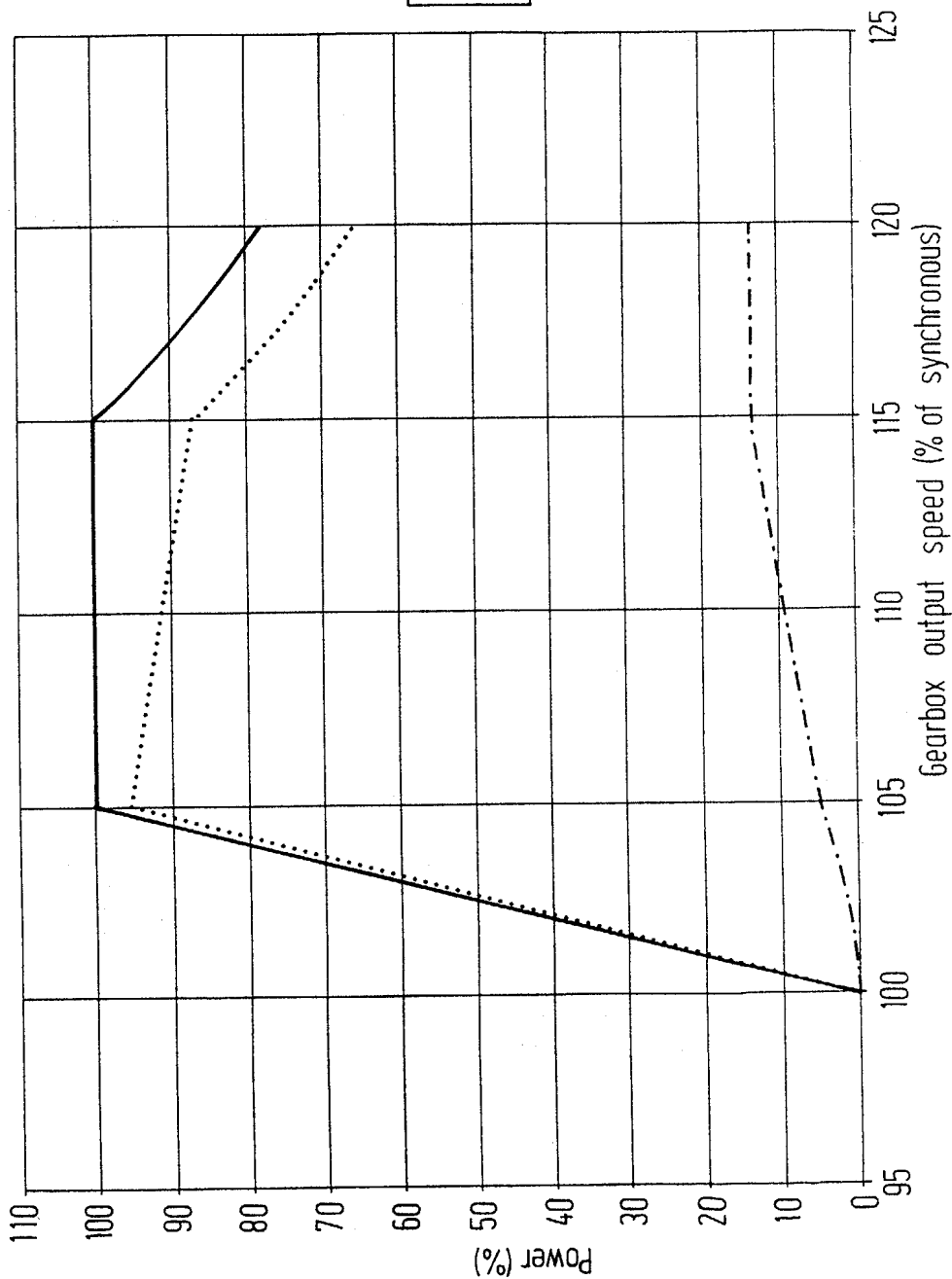


Fig.4

5/6

Operational data for slip coupling

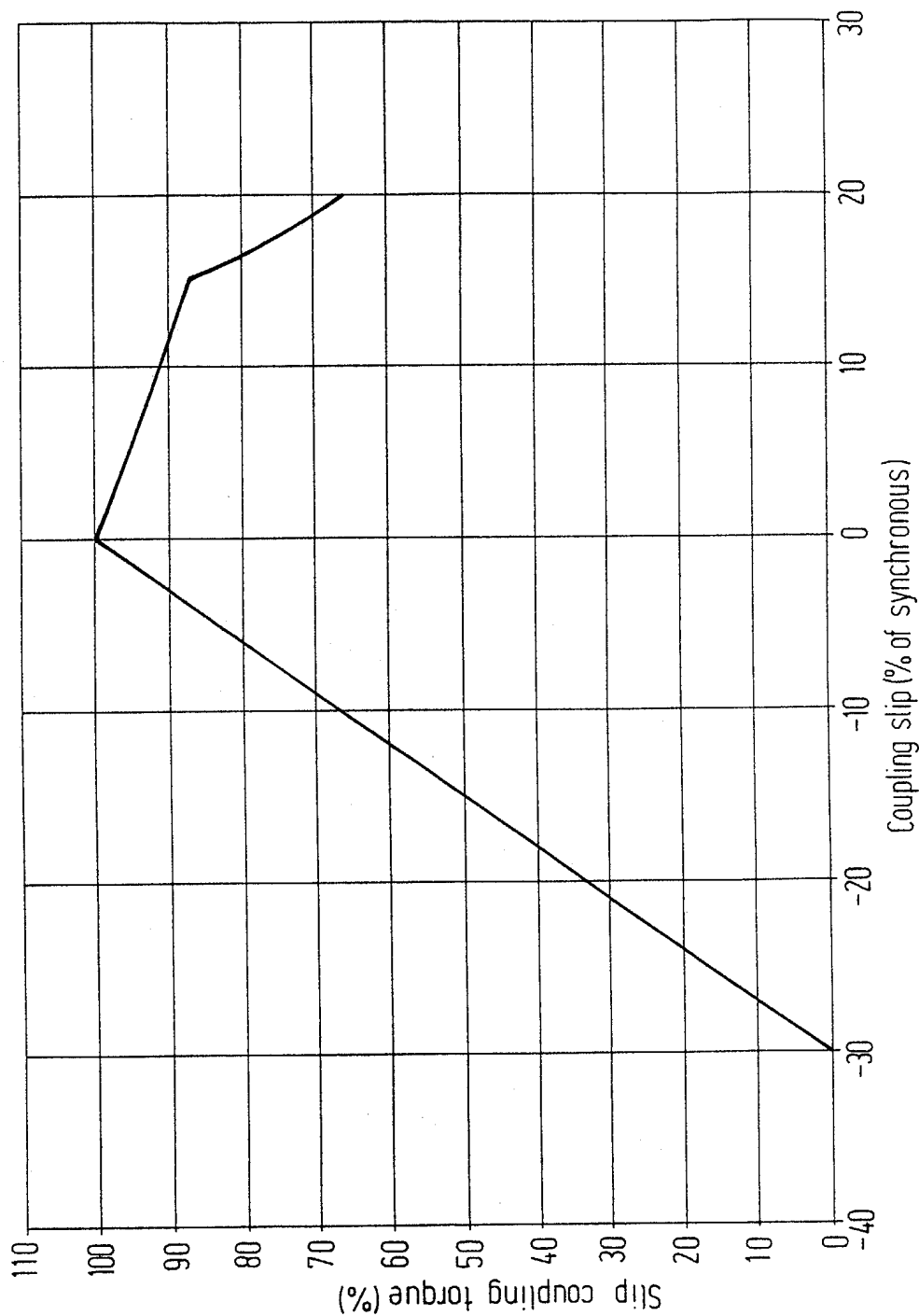
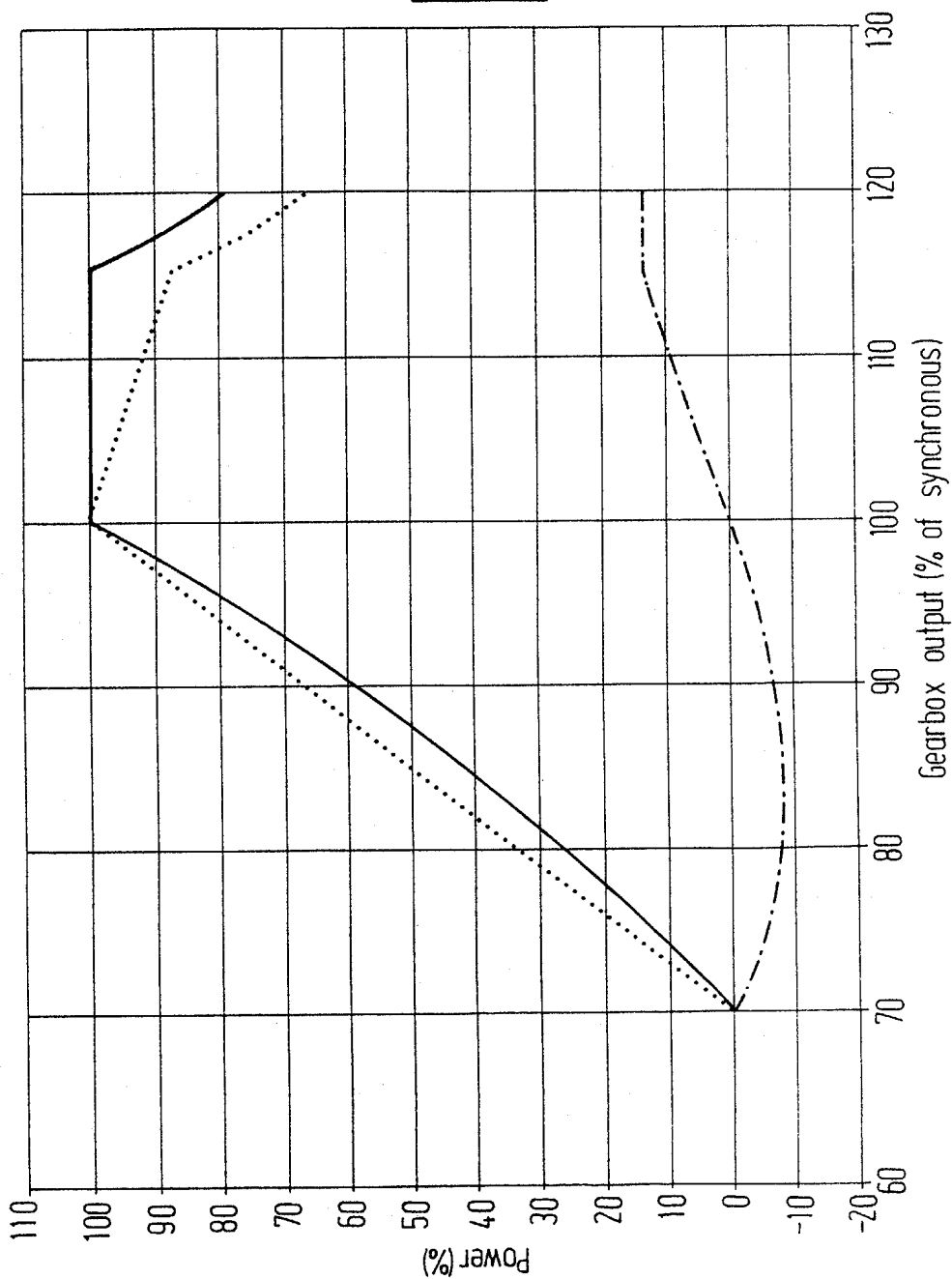


Fig.5

6/6

Operational data for slip coupling



--- Coupling  
 ..... Primary generator  
 — Total power

Fig.6

## FREMGANGSMÅDE TIL DRIFT AF EN VINDMØLLE SAMT EN VINDMØLLE.

### Opfindelsens baggrund

5 Opfindelsen angår en fremgangsmåde til drift af vindmøller, hvor en primær generator af vindmøllens rotor, eventuelt med en udvekslingsmekanisme, drives med konstant eller tilnærmelsesvist konstant omløbstal. Opfindelsen angår tillige en vindmølle hvor en primær generator drives af vindmøllens rotor, eventuelt med en udvekslingsmekanisme, med konstant eller tilnærmelsesvis konstant omløbstal.

10

Det er kendt, at der kan opnås visse driftsmæssige fordele på vindmøller, hvis man kan etablere drift med variabelt omløbstal.

15

Mange moderne vindmølletyper er forsynet med en direkte nettilsluttet asynkrongenerator. Denne generatortype har væsentlige fordele. Selv om der kan være foretaget visse tilpasninger i viklingen, er den direkte nettilsluttede asynkrongenerator i princippet blot en direkte nettilsluttet asynkronmotor, der af en ydre energikilde drives op på et oversynkront omløbstal. En asynkronmotor med kortsluttet rotor er den mest simple og robuste form for elektromotor, og asynkrongeneratoren har de samme fordele. De eneste sliddele udgøres af lejerne. Store styktal på motorsiden medfører, at prisen pr. kW er den lavest mulige.

20

Den direkte nettilsluttede asynkrongenerator med kortsluttet rotor har imidlertid også væsentlige ulemper i forbindelse med vindmølledrift. Ulemperne er knyttet til det stort set konstante omløbstal for denne generatortype. Ved større effekter kan generatoren kun vanskeligt udføres med et slip, der overstiger 1 %, da den tabseffekt, der afsættes i rotoren, principielt er proportional med slippet. Overstiger slippet den normale grænse på 1 %, bliver rotortabene så store, at det kan give termiske problemer. Med et slip på 1 % eller derunder bliver vindmøllens omløbstal stort set konstant.

25

30

Et stort set konstant omløbstal er en forudsætning for den ene af de to normale former for effektregulering, stallregulering. Samtidig med, at det er en forudsætning for regu-

leringen, kan et for lille slip på den anden side give problemer med effektvariationer som følge af torsionssvingninger i transmissionssystemet. Lille slip er ensbetydende med lille dæmpning i generatoren, og derfor kan der optræde vedvarende svingninger af en vis, ikke ubetydelig størrelse.

5

Ved stallregulering vil fordelene ved det stort set konstante omløbstal normalt overstige ulemperne. Anderledes forholder det sig ved den anden af de to normale former for effektregulering, pitchregulering, hvor det giver ganske væsentlige problemer. Pitchregulering baserer sig på, at vingerne mekanisk kan indstilles til en anden pitchvinkel på rotornavet, når effekten afviger fra den ønskede effekt. Optager rotoren en anden effekt fra vinden, end der aftages af generatoren, vil rotoren accelerere, til der igen er ligevægt mellem optaget og afgivet effekt. Er generatorens slip lille, kræves der kun en beskeden acceleration, før generatoren kan yde en væsentligt anderledes effekt. Den tid, reguleringssystemet har til at indstille vingerne, bliver derfor meget kort, og i praksis har pitchregulerede møller med direkte nettilsluttet asynkrongenerator store effektvariationer på grund af variationer i vindhastigheden.

15

Den direkte nettilsluttede asynkrongenerator har også visse betydelige skavanker i forbindelse med netkvalitet. For det første kræver hensyn til spændingsvariationer på nettet, at indkobling af generatoren sker med kraftelektronik, da indkobling med traditionelle kontaktorer vil medføre for store spændingsvariationer. For det andet har asynkrongeneratoren et ikke ubetydeligt forbrug af reaktiv effekt til magnetisering. Det er almindeligvis nødvendigt at forsyne en vindmølle, der er forsynet med en direkte nettilsluttet asynkrongenerator, med fasekompensering, typisk i form af et kondensatorbatteri.

25

Problemet med det reaktive effektforbrug kan i princippet løses ved at anvende en direkte nettilsluttet synkrongenerator Denne generatortype har sine egne tekniske ulemper, herunder en viklet rotor. Til gengæld er netforholdene gode. Var kravene til netforholdene store, kunne man argumentere for, at synkrongeneratorens ulemper var acceptable. Når denne generatortype alligevel slet ikke kan anvendes i direkte nettilsluttet udgave uden særlige tiltag, skyldes det, at synkrongeneratorens slip er 0. De ovenfor

30



nævnte ulemper ved asynkrongeneratoren med lille slip antager i den direkte nettilsluttede synkrongenerator deres mest ekstreme form, og drift med 0 slip er i praksis umulig på grund af effektvariationer. Synkrongeneratoren kan kun anvendes i direkte nettilslutning, hvis der på anden vis etableres et slip mellem gear og generator. Et sådant slip  
5 kan f.eks. tilvejebringes med en hydraulisk kobling. Det er dog vanskeligt at opnå mere end nogle få procent slip på denne måde, og det vil normalt ikke være tilstrækkeligt til at sikre en fuldt tilfredsstillende regulering.

Et større slip kan opnås ved hjælp af en elektrisk hvirvelstrømskobling. Forsynes en  
10 sådan kobling med regulerbar magnetisering, kan slippet reguleres, og koblingen kan indstilles, så momentet fra et vist slip f.eks. bliver en hyperbolsk funktion af omløbstallet, hvorved udgangseffekten kan fastholdes på mærkeeffekten. Skønt en hvirvelstrømskobling således giver den nødvendige reguleringsmulighed, har den imidlertid et par meget væsentlige ulemper. Den vigtigste ulempe er nok, at effekten fra slippet afsættes  
15 som varme i koblingen. Har vindmøllen f.eks. en mærkeeffekt på 1 MW, og ønskes et slip på 10 %, vil der afsættes op til 100 kW som varme i koblingen. Det medfører i praksis sådanne krav til størrelse og køling af koblingen, at denne løsning ikke er økonomisk praktisk. En sekundær ulempe er, at et vist slip er nødvendigt også ved del-  
20 last, for ellers vil en synkrongenerator forårsage effektsvingninger. Også i dette driftsområde afsættes effekten fra slippet som varme. Hvor tabet ved drift på mærkeeffekten kan siges at være ligegyldigt ud fra en effektivitetsbetragtning, da der er rigelig indgangseffekt til rådighed, og tabet derfor kun har indflydelse på koblingens dimensionering og køling, er tabet ved dellast klart ugunstigt ud fra en effektivitetsbetragtning. Ved  
25 vindhastigheder, hvor vindmøllen ikke yder sin maksimaleffekt, er det væsentligt, at effektiviteten er så god som muligt, og her er et slip, der udmønter sig som spildvarme, kun en ulempe.

De mangler, der er uløseligt knyttede til den direkte nettilsluttede asynkrongenerator med kortsluttet rotor, har været alment kendt i længere tid. For stallregulerede vindmø-  
30 ler, hvor selve effektreguleringen forudsætter et nogenlunde konstant omløbstal, anses asynkrongeneratoren normalt for at være en nær optimal løsning, og indsatsen har derfor været koncentreret om afhjælpning af de tilhørende problemer. Der er udviklet me-

toder til justering af slippet i selve fremstillingen af generatoren, så generatorens specifikationer kan optimeres til den aktuelle vindmølletypes dynamiske egenskaber. Der er udviklet elektroniske indkoblingssystemer, og både faste og regulerbare fasekompenseringsystemer kan leveres som standard

5

For pitchregulerede vindmøller er billedet anderledes. De ulemper, der er knyttet til drift med pitchregulering og lille slip, har vist sig at være væsentlige, og stort set alle kommercielle vindmøller med pitchregulering har efterhånden en eller anden form for variabelt omløbstal.

10

Det variable omløbstal kan etableres på forskellig måde.

I en simpel udførelse kan den direkte nettilsluttede asynkrongenerator med kortsluttet rotor erstattes med en ligeledes direkte nettilsluttet asynkrongenerator med viklet rotor, slæberinge og eksterne resistorer. I dette arrangement afsættes størsteparten af rotortabet i de eksterne resistorer, og slippet er proportionalt med rotoeffekten. Der kan opnås et vilkårligt stort slip. Arrangementet har dog væsentlige ulemper. Der skal anvendes en viklet rotor og slæberinge, begge dele fordyrende elementer, og med slæberingene og deres børster indføres sliddele, der i væsentligt omfang mindsker generatorens robusthed. Hvis der skal opnås en væsentlig forøgelse af slippet, bliver rotortabet betydeligt også ved dellast, hvor det er uønsket, og man vil derfor normalt være nødt til at indføre en form for regulering af de eksterne resistorer, hvilket medfører yderligere kompleksitet.

I en mere avanceret udførelse benyttes en direkte nettilsluttet asynkrongenerator med viklet rotor, hvor slæberingene og de eksterne resistorer er erstattet af kraftelektronik og resistorer monteret på rotoren. Som for udførelsen med eksterne resistorer er slippet proportionalt med rotoeffekten, og med kraftelektronikken kan resistansen reguleres, så tabene ved dellast bliver minimeret. Skønt vanskelighederne med slæberinge og børster undgås, har også dette arrangementet dog væsentlige ulemper. Der skal stadig anvendes en viklet rotor, og fjernelsen af slæberingene medfører, at der skal anvendes roterende kraftelektronik med kommunikation til den stationære møllestyring, hvilket

30

igen i væsentligt omfang mindsker generatorens robusthed. Da resistorerne ikke er eksterne, er der grænser for, hvor stor termisk belastning der kan afsættes, og dermed for, hvor stort slippet kan blive. Der angives typisk værdier på 10 %.

- 5 Fælles for de to ovennævnte løsninger er, at der med et forøget slip kun kan reguleres op i omløbstal fra det synkrone omløbstal, ikke ned. Dertil kommer, at asynkrongeneratorens problem med det reaktive forbrug til magnetisering er uændret, og at der derfor stadig skal benyttes ekstern fasekompensering.
- 10 I en tredje udførelse kan problemet med det reaktive forbrug løses samtidig med, at der opnås større fleksibilitet i omløbstallet. Der bruges igen en direkte nettilsluttet asynkrongenerator med viklet rotor og slæberinge, men de eksterne resistorer erstattes med en 4-kvadrant frekvensomformer, der er koblet til nettet. På denne måde kan den effekt, der afsættes i rotoren, omformes og fødes tilbage til nettet. Med et effektbidrag fra roto-
- 15 ren kan statorens nominelle effekt reduceres tilsvarende. Med passende dimensionering kan frekvensomformeren levere reaktiv effekt til statorviklingen, og behovet for ekstern fasekompensering kan fjernes. I modsætning til de ovenfor nævnte løsninger kan der her reguleres både op og ned i omløbstal, og det er hovedsageligt frekvensomformerens dimensionering, der sætter grænserne for variationerne i omløbstallet. Dimensionerin-
- 20 gen er ikke helt simpel, hvis frekvensomformeren også skal levere reaktiv effekt til statoren, men generelt gælder, at frekvensomformeren skal have en relativ størrelse i forhold til statoren, der svarer til det ønskede slip. Der kan typisk være behov for et reguleringsområde på  $\pm 20$  %.
- 25 På trods af den større fleksibilitet har arrangementet med en frekvensomformer på en viklet rotor dog sine specifikke ulemper. Der skal stadig anvendes en viklet rotor og slæberinge. Da rotorspændingen er proportional med slippet, kan der desuden optræde skadelige overspændinger på frekvensomformeren, hvis slippet under regulering overstiger den ønskede værdi. Omvendt er regulering nær det synkrone omløbstal normalt
- 30 ikke mulig, da slippet her er lille og spændingerne dermed små.

I en fjerde udførelse bruges en direkte nettilsluttet asynkrongenerator med kortsluttet rotor, som tilsluttes en 4-kvadrant frekvensomformer, der er koblet til nettet. På denne måde omformes hele effekten, før den fødes tilbage til nettet. Frekvensomformeren kan levere reaktiv effekt til generatoren, og behovet for ekstern fasekompensering kan fjernes. Der kan reguleres både op og ned i omløbstal, og da frekvensomformeren dimensioneres til den fulde effekt bliver reguleringsområdet typisk 10-150 %.

På trods af den simple udførelse, hvor den robuste kortslutningsgenerator kan benyttes, har arrangementet med en fuld frekvensomformning dog også sine egne ulemper. Selve frekvensomformeren bliver stor og dyr, da den skal kunne overføre hele effekten. Tabene i omformeren bliver tilsvarende store, typisk 3-4 % af generatoreffekten. Dette medfører væsentlige kølingsbehov, og selve frekvensomformerens fysiske dimensioner kan medføre, at den kun vanskeligt kan anbringes i selve vindmøllen. Skønt der med frekvensomformeren kan opnås gode netforhold ud fra en statisk betragtning, giver en frekvensomformer også harmoniske overtoner på nettet i et vist omfang. Dette gælder også for løsningen med en frekvensomformer på rotorsiden alene, men i den situation virker statorkredsen i et vist omfang som et filter. I den her omtalte løsning med fuld frekvensomformning vil overtonerne være ufiltrerede, og det kan være nødvendigt at benytte såvel eksterne reaktorer som en særlig transformertype, der bidrager til filtreringen.

Der kendes en lang række yderligere kombinationer af generatortyper og frekvensomformere, herunder mere avancerede rotorkonfigurationer, permanent magnetiserede generatorer m.v., men fælles for dem alle er, at de fortsat har deres individuelle ulemper.

Formålet med den foreliggende opfindelse er at tilvejebringe en fremgangsmåde og et apparat til drift af vindmøller med variabelt omløbstal, som reducerer de ulemper, der er forbundet med kendte metoder.

Dette formål opnås med en fremgangsmåde af den indledningsvis nævnte type, der er særpræget ved, at der mellem vindmøllens rotor og den primære generator er indføjet et apparat, der omfatter en slipgenerator og en hertil tilpasset frekvensomformer eller fast

resistor, og som med et vist slip kan overføre momentet til den primære generator, og hvor den effekt, der hidrører fra slippet, kan regenereres til det elektriske net via slipgeneratoren og frekvensomformerer eller via resistoren kan afsættes som varme ved en valgfri placering.

5

Vindmøllen ifølge opfindelsen er særpræget ved, at der mellem rotoren og den primære generator er indføjet et apparat, der omfatter en slipgenerator og en hertil tilpasset frekvensomformer eller fast resistor, og som med et vist slip kan overføre momentet til den primære generator, og hvor den effekt, der hidrører fra slippet, kan regenereres til det elektriske net via slipgeneratoren og frekvensomformerer eller via resistoren kan afsættes som varme ved en valgfri placering.

10

Der er således tilvejebragt en løsning, som er baseret på en regenerativ slipgenerator, som indskydes mellem gearet og den primære generator. Den regenerative slipgenerator kan opfattes som en sekundær generator, hvis udgangseffekt er proportional med slippet. Slipgeneratoren kontrolleres med en frekvensomformer, som føder effekten fra slippet tilbage på nettet. Slipgeneratoren kan siges at fungere som en slipkobling.

15

Alternativt anvendes enten en fast eller en regulerbar resistor (et varmelegeme), som gør det muligt at afsætte varmen ved en valgfri placering hvor resistoren er monteret.

20

Disse løsninger har en lang række fordele.

Den primære generator kan udføres som en standard synkrongenerator med de tilhørende fordele angående netforholdene. Eftersom synkrongeneratoren ikke skal forsynes med en frekvensomformer, behøver den ikke de særlige modifikationer, der normalt er nødvendige for dette, såsom isolerede lejer og særlig beskyttelse mod transienter. Ved at etablere slipgeneratoren som en separat enhed opnås altså den fordel, at den primære generator kan være en standardgenerator, uden forøget kompleksitet.

25

Den samlede effekt fra vindmøllen bliver summen af effekten fra slipgeneratoren og den primære generator. Den primære generator kan derfor udføre mindre end svarende

30

til vindmøllens mærkeeffekt. Dimensioneringen sker ud fra behovet for hastighedsvariation. Erfaringen viser, at en hastighedsvariation på mindre end 10 % er tilstrækkelig for en tilfredsstillende regulering. Med lidt konservativ dimensionering kan slipgeneratoren f.eks. udføres svarende til et normalt slip på 10 % og dermed en effekt på 10 % af vindmøllens mærkeeffekt. Den primære generator udføres da med en effekt på 90 % af vindmøllens mærkeeffekt.

Når slipgeneratoren dimensioneres efter et slip på 10 %, skal frekvensomformerer, som styrer slipgeneratoren, også kun have en effekt på 10 % af vindmøllens mærkeeffekt. Dette medfører, at tabene i og de harmoniske forstyrrelser fra frekvensomformerer nedsættes betydeligt i forhold til de situationer, hvor frekvensomformerer skal overføre den samlede effekt.

Med en særlig fordelagtig udførelse af slipgeneratoren kan der opnås den meget væsentlige fordel, at den kan eftermonteres på en eksisterende vindmølle. Derved kan en vindmølle, der måtte vise sig at have ugunstige driftsforhold med konstant omløbstal, let ombygges til variabelt omløbstal uden væsentlige indgreb.

Slipgeneratoren kan i princippet have en nogenlunde lineær momentkarakteristik ved rent ohmsk belastning. Derved opnås mulighed for redundans i systemet, hvis frekvensomformerer skulle svigte. I tilfælde af svigt af omformerer, kortsluttes udgangen fra slipgeneratoren med resistorer, og vindmøllen kan da køre videre. Slipgeneratoren virker som en slipkobling, hvis karakteristik nogenlunde vil svare til den for en hydraulisk kobling, med den hydrauliske koblings tilhørende ulempe i form af et belastningsafhængigt tab, men selv om denne driftsform ikke er ønskværdig på langt sigt, er den langt at foretrække i forhold til en situation, hvor møllen skal stå stille. Ikke mindst på havmølleparker, hvor adgangsforholdene kan være vanskelige, vil en automatisk forbikobling af frekvensomformerer i tilfælde af fejl kunne give en mærkbar forøgelse af sikkerheden mod tab af rådighed.

I forhold til vindmøller med direkte sammenkobling af gear og generator kan der med slipgeneratoren opnås den fordel, at frekvensomformerers regulering af slipgeneratoren

kan indstilles til kun at overføre moment i én retning, fra gearet til generatoren. Herved undgås, at vindmøllen kan optage effekt som en slags ventilator ved kortvarige fald i vindhastigheden, når middelvindhastigheden er omkring den hastighed, hvor vindmøllen begynder at kunne yde effekt.

5

Slipgeneratoren har ydermere den fordel, at den kan udføres med en veldefineret øvre grænse for sin momentkapacitet. Derved vil den fungere som en skridkobling ved kortvarige stødmomenter fra den primære generator. Sådanne stødmomenter kan f.eks. forekomme ved netforstyrrelser, og kan ved direkte kobling af gear og generator forårsage skader på gearet. Med slipgeneratoren kan risikoen for skader helt elimineres.

10

Ved indkobling af vindmøllen skal både fase- og frekvensforholdene for den primære generator passe til nettet. Muligheden for ohmsk belastning af slipgeneratoren kan udnyttes til at give særlige fordele i en indkoblingssituation. Udgangspunktet er, at vindmøllen står stille, og frigives til drift. Vindmøllens rotor accelereres af vinden. Slipgeneratorens frekvensomformerer forbikobles med resistorer, der er dimensioneret sådan, at koblingens karakteristik svarer til et forholdsvis stort slip. Da inertien af den primære generator er forholdsvis lille, vil generatorens rotor i accelerationsforløbet drives med tilnærmelsesvist samme omløbstal som gearets udgangsaksel. Når det synkrone omløbstal er nået, fastholdes omløbstallet så vidt muligt på det synkrone omløbstal ved pitchregulering af vindmøllens rotor. Omløbstallet vil dog variere noget på grund af vindens turbulens. Mens omløbstallet fastholdes nogenlunde på det synkrone omløbstal, indkobles den primære generator på nettet ved hjælp af frekvensomformereren, der i denne situation ikke kræves til drift af slipgeneratoren, som jo er rent ohmsk belastet.

Indkoblingen kan ske gradvist, så fase- og frekvensforholdene for generatoren glidende tilpasses nettet. Indkoblingen afsluttes med, at frekvensomformereren forbikobles med en kontaktor, når net- og generatorsiderne af frekvensomformereren er fuldstændigt synkroniseret. Den primære generator er nu direkte koblet til nettet. Dimensioneringen af slipgeneratorens resistorer til et forholdsvis stort slip medfører, at variationer i omløbstallet ikke giver anledning til uacceptable effektvariationer fra den primære generator. Frekvensomformereren forbindes nu til slipgeneratoren, den ohmske belastning af slipgene-

15

20

25

30

ratoren frakobles, og frekvensomformereren kan herpå styre og regulere koblingen som ønsket.

5 Ved den ovennævnte fremgangsmåde til indkobling undgås brug af konventionelt synkroniseringsudstyr for den primære generator, hvilket i sig selv kan medføre en besparelse. Vigtigere er det måske, at indkoblingen kan vælges vilkårligt lempelig, så den primære generator kan kobles til selv meget svage net, uden at det vil mærkes som spændingsvariationer.

10 I sin grundform er slipgeneratoren en langtsomløbende generator, der er rotationssymmetrisk eller på anden måde er afbalanceret, så både stator og rotor kan tåle at rotere med den nominelle hastighed for vindmøllens primære generator, fortrinsvis 1500 omdr/min.

15 Slipgenerator kan passende være udlagt for en nominel hastighed/relativt mellem slipgeneratorens stator og rotor) på 150 omdr/min. Den relative hastighed mellem stator og rotor i slipgenerator vil herefter blive benævnt den interne hastighed og hastigheden som begge komponenter bringes til at rotere med vil blive benævnt den eksterne hastighed.

20 Slipgeneratoren skal være udlagt til et nominelt moment svarende til momentet for den primære generator. Det er en fordel hvis momentet kan opretholdes gennem hele slipgeneratorens interne hastighedsområde. For en 1 MW vindmølle kan dette moment være 7 kNm.

25 Der skal således tilvejebringes en mangepolet, langtsomtløbende generator, der kan yde et tilnærmelsesvis konstant moment uanset den intern hastighed og som samtidig kan tåle at rotere med 1500 omdr/min og helst lidt mere.

30 For en 1 MW vindmølle med 7 kNm er effekten i slipgeneratoren ca. 100 kW ved nominel intern hastighed på 150 omdr/min. Ved en intern hastighed på 0 omdr/min, hvor



momentet opretholdes på 7 kNm, er den aktive effekt naturligvis 0, medens der til gengæld er et lille tab til at opretholde et stationært magnetfelt, som kan fasthold rotoren.

5 Forudsat at der er en sikkert fungerende frekvensomformer er det således muligt at køre slipgeneratoren i et internt hastighedsområde fra -150 til +150 omdr/min med fastholdt, fuldt moment. Det er altså muligt at slipgenerator kan agere som en helt stiv kobling mellem gearet og den primære generator, men det kan også bevirke op til 10% hastighedsforskel eller mere mellem gearet og generatorakslen hvis den nominelle eksterne hastighed er 1500 omdr/min.

10

Ved belastning med en fast resistor, der fungerer som varmelegeme opnås et moment der er 0 ved en intern hastighed på 0 og som er maksimalt ved den nominelle interne hastighed. Denne konfiguration er reguleringsmæssig passiv men vil kunne give en motor eller generator med lille eller intet slip et eksternt slip, som i visse situationer kan forebygge torsionssvingninger. I denne anvendelse fungerer slipgeneratoren den funktion, der ofte bruges hydrauliske koblinger eller hvirvelstrømskoblinger til. Der er dog en fordel ved at spildvarmen fra slippet ikke afsættes i koblingen men på den valgfrie placering af varmelegemet.

20 Ved belastning med en regulerbar resistor er det muligt indledningsvis at operere med en kortslutning og gradvis øge modstanden. Her ville slipgeneratoren give et moment, som stiger når den interne hastighed overstiger 0 . Ved indkobling af den regulerbare resistor er det muligt at holde fuldt moment fra hastighed på 0 til den nominelle interne hastighed. Herved kan der opnås en ensartet belastning ved nominel ekstern effekt og kan siges at opfylde den funktion hvortil der tidligere har været anvendt hydrauliske koblinger eller hvirvelstrømskoblinger. Også her opnås fordel ved at spildvarmen fra slippet ikke afsættes i koblingen men på den valgfrie placering af varmelegemet

30 Med udformning af en vindmølle ifølge opfindelsen hvor slipgeneratoren bliver belastet eller forsynet fra frekvensomformeren er det muligt at køre indenfor +/- nominel intern hastighed med valgfri momentbelastning. Der er således i forhold til udformning med resistorer mulighed for et udvidet hastighedsområde og samtidig en fuld fleksibilitet i

reguleringen også når generatoren kører ned i motorområdet og samtidig vil slipeffekten blive regenereret og ført til elnettet.

Hvad angår midlerne til at opnå den ønskede virkning, henvises til patentkravene.

5

I det følgende beskrives opfindelsen nærmere, idet der henvises til figurerne. Den primære generator antages i beskrivelsen at være en synkrongenerator med fast omløbstal på 1500 o/min, mens slipgeneratoren antages at være en synkron generator forsynet med en frekvensomformer, der giver et hastighedsområde på 0 - 250 o/min i koblingen.

10 I en virkelig udførelse kan der vælges andre generatortyper og hastighedsområder.

### Tegningsbeskrivelse

I det følgende beskrives opfindelsen nærmere idet der henvises til tegningen, hvor

15 fig. 1 er et partielt billede af et transmissionssystem for en vindmølle ifølge opfindelsen,

fig. 2 er et forstørret udsnit af fig. 1, og

fig. 3-6 viser kurver for moment- og effektforhold i en vindmølle, der drives ved en fremgangsmåde ifølge opfindelsen.

20

Figur 1 viser et udsnit af transmissionssystemet i en vindmølle ifølge opfindelsen. Et gear 1 er forsynet med en bremseskive 2 og en bremsekaliber 3. En elastisk kobling 4 forbinder gear 1 til en slipgenerator 5. Slipgeneratoren er båret af en primær generator 16 således at slipgeneratoren er monteret mellem gear 1 og den primære generator. Koblingen er vist i halvt gennemsnit, mens de fleste øvrige komponenter, der er standard i vindmøller, er vist i normalt sidebillede.

25

Figur 2 viser at den elastiske kobling 4 har et elastisk element 15. Slipgeneratorens statorhus 6 er forsynet med en statorpakke 7 og en statorvikling 8. Med et forbindelsesstykke 9 er statorhuset forbundet til det elastiske koblingselement 15. Forbindelsesstykket bærer slæberingene 10, der aftager effekten fra statorviklingen 8. Koblingens rotor har en hulaksel 11, der er monteret på den primære generators aksel 12. Rotoren

30

13 bærer en række poler 14, her udført som permanente magneter. Frekvensomformer og resistorer til koblingen er ikke vist på figuren.

Figur 3 viser et eksempel på en momentkarakteristik for en slipgenerator udført ifølge opfindelsen.

Når slippet er 0, følges den primære generators aksel med gearets udgangsaksel, og koblingens moment er 0. Efterhånden som gearets omløbstal stiger, stiger også slippet, og momentkarakteristikken er tilnærmelsesvist lineær fra 0 til 5 % slip. Når fuldt moment er nået, ændres slipgeneratorens momentkarakteristik, så momentet overgår til en hyperbolsk funktion af slippet. Overstiger slippet en bestemt grænse, skiftes til en ny hyperbolsk funktion, som fastholder slipgeneratorens effekt på et bestemt niveau for at undgå termisk overbelastning af koblingen.

Figur 4 viser de effektforhold fra den samlede vindmølle, der vil blive resultatet af en momentkarakteristik som vist i figur 3.

Ved det synkrone omløbstal, 100 %, følges den primære generators aksel med gearets udgangsaksel, momentet er 0, og der afsættes ingen effekt i slipgeneratoren. Efterhånden som gearets omløbstal stiger, stiger slippet mellem gearet og generatoren, og der overføres et stigende moment i slipgeneratoren. Når fuldt moment er nået ved 5 % slip, yder vindmøllen 100 % effekt. Her ændres slipgeneratorens momentkarakteristik som vist i figur 3, så den totale effekt fastholdes på 100 %. Efterhånden som omløbstallet øges, stiger også den effekt, der optages af koblingen (selv om momentet falder svagt), og effekten fra den primære generator falder tilsvarende, så den totale effekt bliver konstant. Denne karakteristik kræver ingen kontrol af den primære generator, men opnås ved den entydige sammenhæng af omløbstal og moment på slipgeneratoren, styret af frekvensomformerens. Når slippet overstiger en bestemt grænse, fastholdes slipgeneratorens effekt på et bestemt niveau for at undgå overbelastning, og den samlede effekt fra vindmøllen begynder igen at falde.

Den viste karakteristik er blot et eksempel på en fordelagtig fremgangsmåde ved driften af vindmøllen. Talrige andre momentkarakteristikker og dermed samlede karakteristikker for vindmøllen er også mulige med slipgeneratoren. En særlig gruppe udgøres af karakteristikker, hvor slipgeneratoren i den lavere del af driftsområdet drives som motor. Derved kan møllens hastighedsområde udvides betydeligt.

Figur 5 viser et eksempel på en momentkarakteristik for en slipgenerator i henhold til opfindelsen, og hvor koblingen i en del af driftsområdet drives som motor.

Koblingen drives som motor med en momentkarakteristik, der er en lineær funktion af slippet. Når slippet er 0, følges den primære generators aksel med gearets udgangsaksel, og koblingens moment er maksimalt. Her ændres slipgeneratorens momentkarakteristik så momentet overgår til en hyperbolsk funktion af slippet, samtidig med, at koblingen begynder at fungere som generator. Overstiger slippet en bestemt grænse, skiftes til en ny hyperbolsk funktion, som fastholder slipgeneratorens effekt på et bestemt niveau for at undgå termisk overbelastning af koblingen.

Figur 6 viser de effektforhold fra den samlede vindmølle, der vil blive resultatet af en momentkarakteristik som vist i figur 5.

Ved det undersynkrone omløbstal, her 70 %, hvor koblingen begynder at yde moment, begynder vindmøllen at yde effekt. I området fra 0 til 100 % effekt, yder den primære generator en mereffekt i forhold til vindmøllens afgivne effekt, som svarer til den effekt, koblingen optager som motor. Når slippet er 0, er koblingens moment maksimalt, men da slippet er 0, afsættes der ingen effekt i slipgeneratoren. Den samlede effekt afgives her af den primære generator, og niveauet er valgt til 100 % af mærkeeffekten. Her ændres slipgeneratorens momentkarakteristik som vist i figur 5, så den totale effekt fastholdes på 100 %. Efterhånden som omløbstallet øges, stiger også den effekt, der optages af koblingen (selv om momentet falder svagt), og effekten fra den primære generator falder tilsvarende, så den totale effekt bliver konstant.

**PATENTKRAV**

1. Fremgangsmåde til drift af vindmøller, hvor en primær generator af vindmøllens rotor, eventuelt med en udvekslingsmekanisme, drives med konstant eller tilnærmelsesvist konstant omløbstal, k e n d e t e g n e t v e d, at der mellem vindmøllens rotor og den primære generator er indføjet et apparat, der omfatter en slipgenerator og en hertil tilpasset frekvensomformer eller resistor, og som med et vist slip kan overføre momentet til den primære generator, og hvor den effekt, der hidrører fra slippet, kan regenereres til det elektriske net via slipgeneratoren og frekvensomformeren eller via resistoren kan afsættes som varme ved en valgfri placering.
2. Fremgangsmåde ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t v e d, at momentet i apparatet reguleres på en sådan måde, at den samlede effekt, der afgives fra vindmøllen, holdes konstant over et vist slipområde.
3. Fremgangsmåde ifølge krav 1 eller 2, k e n d e t e g n e t v e d, at apparatet drives både som motor og som generator.
4. Fremgangsmåde ifølge et vilkårligt af de ovenstående krav, k e n d e t e g n e t v e d, at den effekt, som hidrører fra slippet mellem vindmøllens rotor og den primære generator, leveres til det elektriske net med frekvensomformeren.
5. Fremgangsmåde ifølge et vilkårligt af de ovenstående krav, k e n d e t e g n e t v e d, at slippet mellem vindmøllens rotor og den primære generator har en størrelse fra -50 % til +50%.
6. Fremgangsmåde ifølge krav 4, k e n d e t e g n e t v e d, at apparatets frekvensomformer midlertidigt frakobles apparatet og anvendes ved synkronisering af den primære generator til det elektriske net.

7. Fremgangsmåde ifølge et vilkårligt af kravene 1-3, k e n d e t e g n e t v e d, at resistoren anvendes i konstruktioner med lille slip for at forbygge torsionssvingninger og lignende.
- 5      8. Vindmølle hvor en primær generator drives af vindmøllens rotor, eventuelt med en udvekslingsmekanisme, med konstant eller tilnærmelsesvis konstant omløbstal, k e n d e t e g n e t v e d, at der mellem rotoren og den primære generator er indføjet et apparat, der omfatter en slipgenerator og en hertil tilpasset frekvensomformer eller resistor, og som med et vist slip kan overføre momentet til den primære generator, og hvor den
- 10      effekt, der hidrører fra slippet, kan regenereres til det elektriske net via slipgeneratoren og frekvensomformeren eller via resistoren kan afsættes som varme ved en valgfri placering.
9. Vindmølle ifølge krav 8, k e n d e t e g n e t v e d, at apparatet er en synkrongenerator
- 15      monteret på den primære generators aksel.
10. Vindmølle ifølge krav 8 eller 9, k e n d e t e g n e t v e d, at apparatet er indrettet så det kan fungere enten som motor, som generator, eller som både motor og generator.

**SAMMENDRAG****FREMGANGSMÅDE TIL DRIFT AF EN VINDMØLLE  
SAMT EN VINDMØLLE.**

- 5 Opfindelsen angår en fremgangsmåde til at drive en vindmølle med variabelt omløbstal og en direkte nettilsluttet primær generator. Ved denne fremgangsmåde indføres en regenerativ slipgenerator (5) mellem vindmøllens gear (1) og den primære generator (16), hvorved den effekt, der hidrører fra slippet, kan regenereres til det elektriske net.
- 10 Den samlede effekt, der afgives fra vindmøllen, holdes konstant over et vist slipområde. Opfindelsen angår også den konkrete udformning af en vindmølle med en sådan slipgenerator.

Fig 1 - 2